



БИОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СКЛЕРАЛЬНОЙ КАПСУЛЫ В ПРОГНОЗЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРТОКЕРАТОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ МИОПИИ

© *Е.П. Тарутта, Е.Н. Иомдина, Р.Р. Толорая, Г.В. Кружкова*

ФГБУ «Московский научно-исследовательский институт глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва

Для цитирования: Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Толорая Р.Р., Кружкова Г.В. Биофизические свойства склеральной капсулы в прогнозе стабилизирующей эффективности ортокератологической коррекции миопии // Офтальмологические ведомости. — 2017. — Т. 10. — № 3. — С. 6–11. doi: 10.17816/OV1036-11

Поступила в редакцию: 28.06.2017

Принята к печати: 16.08.2017

✧ **Цель работы** — изучение роли биофизических свойств склеральной капсулы в стабилизирующем эффекте ортокератологической коррекции при прогрессирующей миопии. **Материал и методы.** У 57 пациентов (114 глаз) в возрасте 8–18 лет (средний возраст $12,5 \pm 0,6$ года) с миопией от 1,0 до 7,0 дптр проведено исследование акустической плотности склеры (АПС) в процессе пользования (в разные сроки) ортокератологическими линзами (ОК-линзами) Contex — ОКЕ-System в ночном режиме. Для определения АПС (в условных единицах) использовали цифровой анализ ультразвуковых тканевых гистограмм, полученных с помощью многофункционального ультразвукового диагностического прибора Voluson 730 Pro фирмы Kretztechnik с линейным датчиком частоты от 10 до 16 мГц. АПС определяли в заднем полюсе и в верхненаружном квадранте экваториальной области глаза. Для измерения переднезадней оси глаза (ПЗО) использовали ультразвуковую биометрию, которую проводили с помощью ультразвукового аппарата A/B Scan System Model 837 (Allergan Humphrey, США). Прогрессирование миопии (увеличение ПЗО $> 0,1$ мм за 6 мес.) отмечено в 15,5 % случаев — у 9 пациентов (18 глаз), у 48 (96 глаз) миопия в данный период наблюдения не прогрессировала. **Результаты.** В глазах с прогрессирующей миопией АПС как в зоне экватора, так и в области заднего полюса глаза была ниже, чем в глазах со стабильной близорукостью. Если при прогрессирующей миопии этот показатель составил в среднем $213 \pm 3,6$ Ед в заднем полюсе и $208 \pm 2,19$ Ед в зоне экватора, то при непрогрессирующей миопии он был выше на 2,1 % в заднем полюсе и на 1,86 % в зоне экватора и составил $217 \pm 1,3$ и $212 \pm 1,4$ Ед соответственно. В среднем АПС глаз со стабильной миопией была на $4 \pm 2,0$ Ед выше, чем средняя АПС в глазах с прогрессирующей миопией ($p < 0,05$). **Заключение.** Показатель АПС может служить критерием прогноза течения миопии на фоне ОК-коррекции и выбора тактики лечения.

✧ **Ключевые слова:** миопия; ортокератологическая коррекция; акустическая плотность склеры.

SCLERAL CAPSULE BIOPHYSICAL PROPERTIES IN THE PROGNOSIS OF THE STABILIZING EFFECTIVENESS OF ORTHOKERATOLOGICAL MYOPIA CORRECTION

© *E.P. Tarutta, E.N. Iomdina, R.R. Toloraya, G.V. Kruzhkova*

Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia

For citation: Tarutta EP, Iomdina EN, Toloraya RR, Kruzhkova GV. Scleral capsule biophysical properties in the prognosis of the stabilizing effectiveness of orthokeratological myopia correction. *Ophthalmology Journal*. 2017;10(3):6-11. doi: 10.17816/OV1036-11

Received: 28.06.2017

Accepted: 16.08.2017

✧ **Purpose:** determine the impact of biophysical properties of the scleral capsule on the stabilizing effect of orthokeratological correction in progressive myopia. **Material and methods.** In 57 patients

(114 eyes) aged 8-18 (average age 12.5 ± 0.6 years) with myopia from 1.0 to 7.0 D, acoustic scleral density (ASD) was tested. All patients used (during different terms) orthokeratological (OK) lenses Contex – OKE-System during the night time. To measure ASD (in conventional units) we used digital analysis of ultrasound tissue histograms obtained with a multifunctional ultrasound diagnostic device Voluson 730 Pro (Kretztechnik AG) with a linear frequency sensor of 10 to 16 mHz. ASD was measured in the posterior pole and in the superior temporal quadrant of the equatorial zone. The anteroposterior axis (APA) was measured by ultrasound biometry using an ultrasound device A/B Scan System Model 837 (Allergan Humphrey, USA). Myopia progression was found in 18 eyes of 9 patients with APA increase over 0.1 mm in 6 months, i. e. in 15.5% of cases, while the remaining 48 patients (96 eyes) showed no myopia progression over the follow-up period. **Results.** APA was less in eyes with progressive myopia as compared to those with stabilized myopia, both in the equatorial and the posterior pole zones. In progressive myopia, mean APA was 213 ± 3.6 units in the posterior pole and 208 ± 2.19 units in the equatorial zone. In cases of stable myopia, APA was 2.1% higher in the posterior pole area (217 ± 1.3 units) and 1.86% higher in the equatorial area (212 ± 1.4 units). On average, APA in stable myopia was 4 ± 2.0 units higher than in progressive myopia ($p < 0.05$). **Conclusion.** The APA parameter could serve as a prognostic criterion for the myopia course by OK-correction, and as an indicator for choosing treatment tactics.

✧ **Keywords:** myopia; orthokeratological correction; acoustic density of the sclera.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы ортокератологическая коррекция получила широкое распространение как метод лечения прогрессирующей миопии у детей [8–10, 19]. Однако стабилизирующий эффект ортокератологического метода выражен не в равной степени и отмечается не у всех больных. Примерно в 20–30 % случаев прогрессирование близорукости сохраняется и на фоне ношения ортокератологических (ОК) линз [3, 14, 16, 19].

Недавно опубликованный анализ долгосрочного (до 10 лет) влияния коррекции ОК-линзами на динамику рефракции и изменение длины переднезадней оси (ПЗО) глаза у детей и подростков (84 пациента, 168 глаз) с миопией $-3,88 \pm 0,12$ дптр в возрасте в среднем $10,15 \pm 3,87$ года выявил, что прогрессирование миопии более чем на 1,0 дптр (увеличение ПЗО на 0,35 мм) за прослеженный период выявлено в 20 % случаев [8].

В чём причина столь разного влияния ОК-линз на прогрессирование миопии у разных пациентов и можно ли его прогнозировать, в настоящее время не ясно [6, 16].

По современным представлениям, патогенетическую основу прогрессирующей близорукости составляет нарушение биофизических (в первую очередь биомеханических) свойств склеральной оболочки глаза [1, 4, 5, 15, 18]. Результаты экспериментальных и лабораторных исследований показывают, что при прогрессирующей миопии в склере понижен уровень нерастворимого коллагена, гликозаминогликанов и поперечных сшивок, стабилизирующих её коллагеновые структуры, нарушен обмен микроэлементов, уча-

ствующих в метаболизме соединительной ткани, что в целом обуславливает ослабление опорной функции склеры — снижение модуля её упругости, сокращение диапазона обратимых и накопление пластических деформаций — и, как следствие, приводит к необратимому растяжению склеральной оболочки и удлинению ПЗО глаза [4].

Для клинической оценки биофизических параметров склеральной капсулы глаза, отражающих её биомеханические свойства, в МНИИ ГБ им. Гельмгольца в 90-е годы прошлого века была разработана методика определения акустической плотности склеры (АПС) по амплитуде затухания эхосигнала, отражённого от этой ткани [2, 13]. Выявлено достоверное снижение АПС при миопии, коррелирующее с её степенью и состоянием глазного дна, разработана методика прогнозирования периферических хориоретинальных дистрофий (ПХРД) при миопии у детей и подростков, а также методика прогноза прогрессирования близорукости и определения показаний к повторному укреплению склеры [11].

Цель настоящей работы — изучение роли биофизических свойств склеральной капсулы в различном стабилизирующем эффекте ОК-коррекции при прогрессирующей миопии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящей работе использован современный метод определения АПС в условных единицах с помощью цифрового анализа ультразвуковых тканевых гистограмм на много-



Рис. 1. Определение акустической плотности склеры с помощью многофункционального ультразвукового диагностического прибора Voluson 730 Pro (Kretztechnik, Германия), используется линейный датчик с частотой от 10 до 16 МГц

Fig. 1. Acoustic scleral density assessment using Voluson 730 Pro (Kretztechnik, Germany) multifunctional diagnostic system with a linear probe and 10 to 16 MHz frequency

функциональном ультразвуковом диагностическом приборе Voluson 730 Pro фирмы Kretztechnik с линейным датчиком частоты от 10 до 16 МГц. АПС определяли в заднем полюсе и в верхненааружном квадранте экваториальной области глаза. В режиме серой шкалы получали горизонтальный срез заднего отрезка глазного яблока, проходящий через зрительный нерв. Склера визуализировалась в виде гиперэхогенных линий. Анализ изображения осуществляли на одинаковом расстоянии от диска зрительного нерва: выбирали зону интереса

и при различном увеличении регистрировали количественные характеристики и денситометрические показатели в виде условных единиц цифрового анализа ультразвукового изображения (рис. 1, 2).

Исследование АПС проведено у 57 пациентов (114 глаз) в возрасте 8–18 лет (средний возраст $12,5 \pm 0,6$ года) с миопией от 1,0 до 7,0 дптр в процессе пользования (в разные сроки) ОК-линзами Contex — ОКЕ-System в ночном режиме.

После начала использования ОК-линз, изменяющих рефракцию роговицы и всей оптической системы глаза, контроль за динамикой рефракции становится сложной задачей. Эта задача ещё больше усложняется тем, что рефракция при каждом осмотре может варьировать в зависимости от длительности пребывания линзы на глазу в ночь перед осмотром и от времени, прошедшего между снятием линзы и моментом обследования. Поэтому основным критерием оценки динамики миопического процесса у этого контингента больных является ультразвуковая биометрия, а именно длина ПЗО глаза [10, 12].

Для определения ПЗО использовали ультразвуковую биометрию, которую проводили с помощью ультразвукового аппарата A/B Scan System Model 837 фирмы Allergan Humphrey (США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В обследованной нами группе детей прогрессирование миопии (увеличение ПЗО $> 0,1$ мм за 6 мес.) отмечено в 15,5 % случаев — у 9 пациентов (18 глаз), у 48 (96 глаз) пациентов миопия в течение по крайней мере 6 месяцев, предшествующих дате осмотра, не прогрессировала.

Результаты исследования АПС в зоне экватора и заднего полюса глаза у детей с прогрессирующей

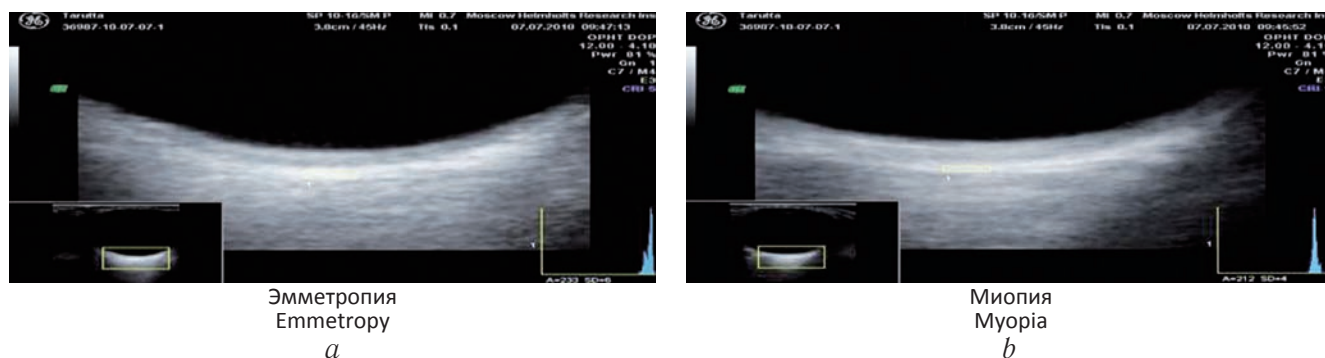


Рис. 2. Определение акустической плотности склеры заднего полюса глаза с помощью цифрового анализа ультразвуковых тканевых гистограмм: *a* — гистограмма склеры эметропического глаза; *b* — гистограмма склеры миопического глаза

Fig. 2. Acoustic scleral density assessment using digital analysis of ultrasound tissue histogram: *a* — histogram of emmetropic eye sclera; *b* — histogram of myopic eye sclera

Таблица 1

Величина акустической плотности (усл. ед.) склеры глаз с прогрессирующей и не прогрессирующей на фоне ношения ОК-линз миопией ($M \pm \sigma$)

Table 1

ASD (conventional units) value in progressive and stable myopia when using OK-correction

Область склеры	Прогрессирующая миопия	Не прогрессирующая миопия
Экватор	208 ± 2,19*	212 ± 1,4
Задний полюс	213 ± 3,6*	217 ± 1,3
В среднем	210 ± 2,7*	214 ± 1,4

* Различия между соответствующими показателями глаз с прогрессирующей и не прогрессирующей миопией статистически достоверны, $p < 0,05$

шей и не прогрессирующей миопией представлены в таблице 1.

Как следует из данных, представленных в таблице, в глазах с прогрессирующей миопией АПС как в зоне экватора, так и в области заднего полюса глаза была ниже, чем в глазах со стабильной близорукостью. Если при прогрессирующей миопии этот показатель составил в среднем $213 \pm 3,6$ Ед в заднем полюсе и $208 \pm 2,19$ Ед в зоне экватора, то при не прогрессирующей миопии он был выше на 2,1 % в заднем полюсе и на 1,86 % в зоне экватора и составил $217 \pm 1,3$ и $212 \pm 1,4$ Ед соответственно. В среднем АПС глаз со стабильной миопией была на $4 \pm 2,0$ Ед выше, чем средняя АПС в глазах с прогрессирующей миопией ($p < 0,05$).

Таким образом, в глазах с прогрессирующей на фоне ОК-коррекции миопией величина АПС в зоне экватора и в заднем полюсе оказалась достоверно ниже, чем в глазах со стабильной рефракцией. Очевидно, исходное нарушение биологических свойств склеры стало причиной продолжающегося на фоне ОК-коррекции прогрессирования миопии.

По нашему мнению, АПС может служить фактором прогноза прогрессирования миопии у пользователей ОК-линзами и критерием выбора тактики лечения. По нашим данным, значения АПС ниже 215 Ед в заднем полюсе и 210 Ед в зоне экватора являются прогностически неблагоприятными в плане дальнейшего прогрессирования миопии. Очевидно, в этих случаях, помимо ношения ОК-линз, необходимы дополнительные стабилизирующие воздействия, в частности склеропластические вмешательства [6].

ВЫВОДЫ

1. Впервые изучены биологические свойства склеры у пациентов с миопией, пользующихся ночными ортокератологическими линзами.

2. В глазах с прогрессирующей на фоне ОК-коррекции миопией акустическая плотность склеры в зоне экватора и заднего полюса глаза достоверно ниже, чем в глазах со стабильной рефракцией.
3. Показатель АПС может служить критерием прогноза течения миопии на фоне ОК-коррекции и выбора тактики лечения.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 15-29-03874.

Конфликт интересов отсутствует.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования — Е.П. Тарутта, Е.Н. Иомдина.

Сбор и обработка результатов — Р.Р. Толорая, Г.В. Кружкова.

Анализ полученных данных и написание текста — Е.П. Тарутта, Е.Н. Иомдина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисов Э.С. Близорукость. — М.: Медицина, 1999. — 288 с. [Avetisov ES. Myopia. Moscow: Meditsina; 1999. 288 p. (In Russ.)]
2. Аветисов Э.С., Фридман Ф.Е., Тарутта Е.П., и др. Акустические исследования склеры при прогрессирующей близорукости у детей и подростков // Вестник офтальмологии. — 1996. — № 2. — С. 41–42. [Avetisov ES, Fridman FE, Tarutta EP, et al. Acoustic studies of the sclera in progressive myopia in children and adolescents. *Vestnik oftalmologii*. 1996;(2):41-2. (In Russ.)]
3. Вержанская Т.Ю., Тарутта Е.П. 5-летний опыт применения ортокератологических линз при миопии у детей // Российский офтальмологический журнал. — 2008. — № 1. — С. 50–51. [Verzhanskaya TYu, Tarutta EP. 5 years experience of using orthokeratology of myopic children. *Russian Ophthalmological Journal*. 2008;1(1):50-1. (In Russ.)]
4. Иомдина Е.Н. Биомеханические и биохимические нарушения склеры при прогрессирующей близорукости и методы их коррекции // Зрительные функции и их коррекция у детей / Под ред. С.Э. Аветисова, Т.П. Кащенко, А.М. Шамшиновой. — М.:

- Медицина, 2005. — С. 163–183. [Iomdina EN. Biomechanical and biochemical disorders of the sclera in progressive myopia and methods of their correction. In: Visual functions and their correction in children. Ed by S.E. Avetisov, T.P. Kashchenko, A.M. Shamshinova. Moscow: Meditsina; 2006: P. 163-183. (In Russ.)]
5. Иомдина Е.Н., Тарутта Е.П., Маркосян Г.А., и др. Биомеханические показатели корнеосклеральной оболочки глаза и состояние соединительнотканной системы у детей и подростков с различными формами прогрессирующей миопии // Российская педиатрическая офтальмология. — 2013. — № 1. — С. 18–23. [Iomdina EN, Tarutta EP, Markossian GA, et al. Biomechanical characteristics of the corneoscleral tunic and the state of the connective tissue system in the children and adolescents presenting with various forms of progressive myopia. *Rossijskaja Pediatričeskaja Oftal'mologija*. 2013;(1):18-23. (In Russ.)].
 6. Тарутта Е.П. Склероукрепляющее лечение и профилактика осложнений прогрессирующей близорукости // Зрительные функции и их коррекция у детей / Под ред. С.Э. Аветисова, Т.П. Кашченко, А.М. Шамшиновой. — М., 2006. — С. 191–202. [Tarutta EP. Sclera reinforcement treatment and prevention of complication of progressive myopia. In: Visual functions and their correction in children. Ed by S.E. Avetisov, T.P. Kashchenko, A.M. Shamshinova. Moscow: Meditsina; 2006: P. 191-202. (In Russ.)]
 7. Тарутта Е.П., Вержанская Т.Ю. Возможные механизмы тормозящего влияния ортокератологических линз на прогрессирование миопии // Российский офтальмологический журнал. — 2008. — № 2. — С. 26–30. [Tarutta EP, Verzhanskaya TYu. Possible mechanisms of inhibiting impact of orthokeratology on myopia progression. *Russian Ophthalmological Journal*. 2008;(2):26-30. (In Russ.)]
 8. Тарутта Е.П., Вержанская Т.Ю. Стабилизирующий эффект ортокератологической коррекции миопии (результаты десятилетнего наблюдения) // Вестник офтальмологии. — 2017. — Т. 133. — № 1. — С. 49–54. [Tarutta EP, Verzhanskaya TYu. Stabilizing effect of orthokeratology lenses (ten-year follow-up results). *Vestnik oftal'mologii*. 2017;133(1):49-54. (In Russ.)]
 9. Тарутта Е.П., Епишина М.В., Милаш С.В., и др. Возникновение и течение ПВХРД у детей с миопией на фоне ночных ортокератологических линз // Российский офтальмологический журнал. — 2014. — Т. 7. — № 3. — С. 50–55. [Tarutta EP, Epishina MV, Milash SV, et al. The emergence and development of peripheral vitreochorioretinal dystrophies in myopic children wearing orthokeratological lenses. *Russian Ophthalmological Journal*. 2014;7(3):50-55. (In Russ.)]
 10. Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Толорая Р.Р., Кружкова Г.В. Динамика периферической рефракции и формы глаза на фоне ношения ОК-линз у детей с прогрессирующей миопией // Российский офтальмологический журнал. — 2016. — Т. 9. — № 1. — С. 62–66. [Tarutta EP, Iomdina EN, Toloraja RR, Kruzhkova GV. The dynamics of peripheral refraction and eye shape in children with progressive myopia wearing orthokeratology lenses. *Russian Ophthalmological Journal*. 2016;9(1):62-66. (In Russ.)]
 11. Тарутта Е.П., Максимова М.В., Кружкова Г.В., Ходжабекян Н.В. Акустическая плотность склеры как фактор прогноза развития ПВХРД при миопии: результаты 10-летнего динамического наблюдения // Вестник офтальмологии. — 2013. — № 1. — С. 16–20. [Tarutta EP, Maksimova MV, Kruzhkova GV, Khodjabekian NV. Acoustic density of sclera as a prognostic factor of peripheral vitreochorioretinal degenerations in myopia: results of 10-years follow-up. *Vestnik oftal'mologii*. 2013,(1):16-20. (In Russ.)]
 12. Тарутта Е.П., Милаш С.В., Тарасова Н.А., и др. Индуцированный периферический дефокус и форма заднего полюса глаза на фоне ортокератологической коррекции миопии // Российский офтальмологический журнал. — 2015. — № 3. — С. 52–56. [Tarutta EP, Milash SV, Tarasova NA, et al. Induced peripheral defocus and the shape of the posterior eye pole in orthokeratological myopia correction. *Russian Ophthalmological Journal*. 2015;(3):52-56. (In Russ.)]
 13. Фридман Ф.Е., Кружкова Г.В., Тарутта Е.П. Способ прогнозирования периферической витреоретинальной дистрофии у детей. Патент РФ № 2055522 с приоритетом 08.10.1992 // Бюллетень изобретений. — 1996. — № 7. [Fridman FE, Kruzhkova GV, Tarutta EP. Method of the prognosis of peripheral vitreoretinal degeneration in children. RU patent N 2055522 with the priority of 08.10.1992. *Bulleten' izobretenij*. 1996;(7). (In Russ.)]
 14. Charm J, Cho P. High myopia-partial reduction ortho-k: a 2-year randomized study. *Optom Vis Sci*. 2013Jun;90(6):530-9. doi: 10.1097/OPX.0b013e318293657d.
 15. Curtin B. The myopias. Basic science and clinical management. Philadelphia: Harper Row, 1985.
 16. He M, Du Y, Liu Q, et al. Effects of orthokeratology on the progression of low to moderate myopia in Chinese children. *BMC Ophthalmol*. 2016Jul;27;16:126.
 17. Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, Gutiérrez-Ortega R. Factors preventing myopia progression with orthokeratology correction. *Optom Vis Sci*. 2013Nov;90(11):1225-36. doi: 10.1097/OPX.0000000000000034.
 18. Spaide RF, Ohno-Matsui K, Lawrence YA, eds. Pathologic Myopia. New York: Springer; 2014.
 19. Yuan Sun, Fan Xu, Ting Zhang, et al. Orthokeratology to Control Myopia Progression: A Meta-Analysis. *PLoS One*. 2015;10(4):e0124535. doi: 10.1371/journal.pone.0124535.

Сведения об авторах

Елена Петровна Тарутта — д-р мед. наук, профессор, руководитель отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики. ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва. E-mail: elenatarutta@mail.ru.

Елена Наумовна Иомдина — д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник. ФГБУ «Московский научно-исследовательский институт глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва. E-mail: iomdina@mail.ru.

Русудани Руслановна Толорая — канд. мед. наук, научный сотрудник. ФГБУ «Московский научно-исследовательский институт глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва. E-mail: dr.toloraya@gmail.com.

Галина Васильевна Кружкова — канд. мед. наук, старший научный сотрудник. ФГБУ «Московский научно-исследовательский институт глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва. E-mail: info@igb.ru.

Information about the authors

Yelena P. Tarutta — doctor of medical science, professor. Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia. E-mail: elenatarutta@mail.ru.

Yelena N. Iomdina — Dr. Sci., Professor, Principal researcher. Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia. E-mail: iomdina@mail.ru.

Rusadani R. Toloraya — MD, PhD, Researcher. Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia. E-mail: dr.toloraya@gmail.com.

Galina V. Kruzhkova — MD, PhD, Senior Researcher. Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia. E-mail: info@igb.ru.